

LA VEGETACION EN LA CUENCA DEL ALTO BIOBIO (CHILE). II. COMUNIDADES, CLASIFICACION Y DINAMICA

THE VEGETATION OF THE ALTO BIOBIO BASIN (CHILE). II. COMMUNITIES, CLASSIFICATION AND DYNAMICS

Eduardo A. Ugarte,* Ralph J. Boerner **Juan C. Barrientos*

RESUMEN

Se entregan los resultados del análisis mediante métodos multivariados, de las comunidades vegetales del Alto Biobío descritas en una publicación anterior. Se contrasta la tipología propuesta con lo indicado por métodos de ordenación y clasificación. Se discuten también los patrones de interrelación dinámica que, en la actualidad, son discernibles en la vegetación.

PALABRAS CLAVES: Ecología, vegetación, clasificación, ordenación, sucesión.

ABSTRACT

Results from the analysis using multivariate methods of plant communities from Alto Biobío reported in a previous paper are presented. What is suggested by ordinations and cluster analysis is contrasted with the typological scheme then proposed. Present patterns of successional dynamics in the vegetation are also discussed.

KEYWORDS: Ecology, vegetation, classification, ordination, succession.

INTRODUCCION

La cabecera del valle que determina el curso superior del río Biobío, se encuentra tapizada por vegetación, en la cual, la influencia humana se ha hecho sentir desde antes de la llegada de los españoles (Villalobos, 1989).

Ugarte y Barrientos (1991) han propuesto un esquema de tipos fisonómico-estructurales en una primera aproximación a la clasificación de la vegetación, utilizando la metodología europea.

La compartimentalización artificial que puede derivarse de una aproximación clasificatoria ha conducido a que los seguidores de la hipótesis del continuo prefieran, como alternativa, aplicar métodos para ordenar los datos (Matteucci & Colma, 1982).

En realidad, ambos enfoques han demostrado ser complementarios. Se reconoce que las diseciones, en mayor o menor grado arbitrarias, que impone una clasificación, tienen valor práctico por sobre la variación, naturalmente continua, de las comunidades vegetales (Gauch, 1982).

En este trabajo se dan a conocer los resultados del análisis de la información entregada por Ugarte y Barrientos (l.c.), utilizando técnicas multivariadas de ordenación y alternativas de clasificación, mediante métodos de aglomeración.

En esa perspectiva se intenta visualizar los factores que pudieran estar influenciando a la vegetación, ahora concebida como un continuo de variación, en su relación con los gradientes ambientales. De este modo, la ordenación es utilizada como una herramienta para reducir la dimensionalidad del espacio vegetacional, determinando relaciones y tendencias a partir de los datos vegetacionales ordenados (Matteucci & Colma, l.c.).

*Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Casilla 2407, Concepción, Chile.

**Department of Plant Biology, 1735 Neil Av. Columbus, OH 43210.1293.U.S.A.

MATERIALES Y METODOS

El método de obtención, las características y la composición de las unidades de muestra y material de referencia se encuentran en Ugarte y Barrientos (l.c.).

Las ordenaciones fueron obtenidas utilizando la versión Fortran de DECORANA (Hill & Gauch, 1980; Gauch, 1982) que es una versión mejorada del método de promedios recíprocos (Hill, 1973). Este método ha sido utilizado, en forma preferente, en análisis de vegetación pues responde bien a dimensiones múltiples de variación y valores altos de diversidad beta, junto con entregar ejes libres de inversión o convolución terminal (Hill & Gauch, 1980; Gauch, 1982). En la preparación de las matrices se utilizó datos no transformados incluyendo, en una primera fase, toda la información, disminuyendo luego el valor relativo de las especies raras y, finalmente, excluyendo a *Chusquea* de la matriz.

El análisis de agrupamiento se realizó utilizando los programas ACOM (Navarro, 1984) y de Ludwig y Reynolds (1988). Se ensayaron los siguientes índices cuantitativos: Coeficiente comunitario, Horn, Morisita modificado por Wilson, Winer y Similitud basada en distancia euclidiana. Además de Jaccard, Sokal-Michener y Dice basados en presencia-ausencia.

Se empleó sólo el algoritmo de agrupación UPGMA según recomendaciones en Romesburg (1984). La efectividad de la aglomeración se verificó por comparación con las ordenaciones, la experiencia de los autores con la vegetación analizada, y el análisis fitosociológico de Ugarte y Barrientos (1991).

RESULTADOS

1. ORDENACIONES

Las ordenaciones se practicaron sobre 24 unidades muestrales con 104 especies. DECORANA calcula solamente las cuatro primeras raíces latentes, por lo cual ellas son una medida relativa de la variación explicada en cada eje.

1.1. UTILIZANDO TODA LA INFORMACIÓN

Las raíces latentes extraídas por DECORANA son 0.83; 0.48; 0.32 y 0.24. Los valores indi-

can una dirección de variación dominante y una secundaria en los datos. El largo de gradiente asociado a los ejes 1, 2 y 3 (DCA 1, 2 y 3) fue de 6.79, 5.02 y 5.15 desviaciones estándar (DS) respectivamente. Un 70 % de la variación es explicada por los ejes 1 y 2 que se incluyen aquí. Se registró un aumento gradual en los valores coincidiendo con aumentos en la complejidad estructural de la vegetación.

En la figura 1 se muestra gráficamente la ordenación resultante. Los valores más bajos (extremo izquierdo en figura 1) corresponden a unidades de pastizal, típicamente "coironales" de *Festuca* o *Stipa*, un grupo degradado por sobrepastoreo, correspondiente a comunidades dominadas por *Mulinum spinosum*, *Acaena sericea* o *Acaena pinnatifida*. Estos últimos se ubicaron con valores más bajos en el segundo eje.

En el sector central, con valores entre 2 y 4 DS, se encuentra la comunidad de *Nothofagus antarctica* (ñirre) y *Araucaria araucana* (araucaria) que intergrada con el coironal y luego con el bosque abierto de ñirres y roble (*Nothofagus obliqua*).

En seguida, hacia valores más altos en el primer eje, se ubican muestras correspondientes a bosque abierto, degradado, tanto de ñirre-araucaria como de lenga (*Nothofagus pumilio*)-araucaria-coigüe (*Nothofagus dombeyi*) explotado y degradado.

En el extremo del primer eje y con los valores más altos se ubican, como grupo bien definido, los stands correspondientes al bosque de lenga-araucaria-coigüe. Este conjunto presenta la mayor cohesión y la menor variación respecto del segundo eje, el cual parece estar relacionado con perturbación antrópica. En la mayor parte de ellos, *Chusquea sp.* (quila) es abundante en los estratos intermedios y/o bajos. Para verificar la posible influencia de *Chusquea* en la ordenación de los stands, se procedió a reordenarlos después de eliminar a esta especie de la matriz de DECORANA.

1.2. ORDENACIÓN DESPUÉS DE EXTRAER *CHUSQUEA*

Las raíces latentes fueron 0.87, 0.47, 0.34 y el largo de gradiente asociado a los tres primeros ejes 7.80, 4.55 y 4.54 DS, respectivamente.

Aunque la posición relativa de los stands no

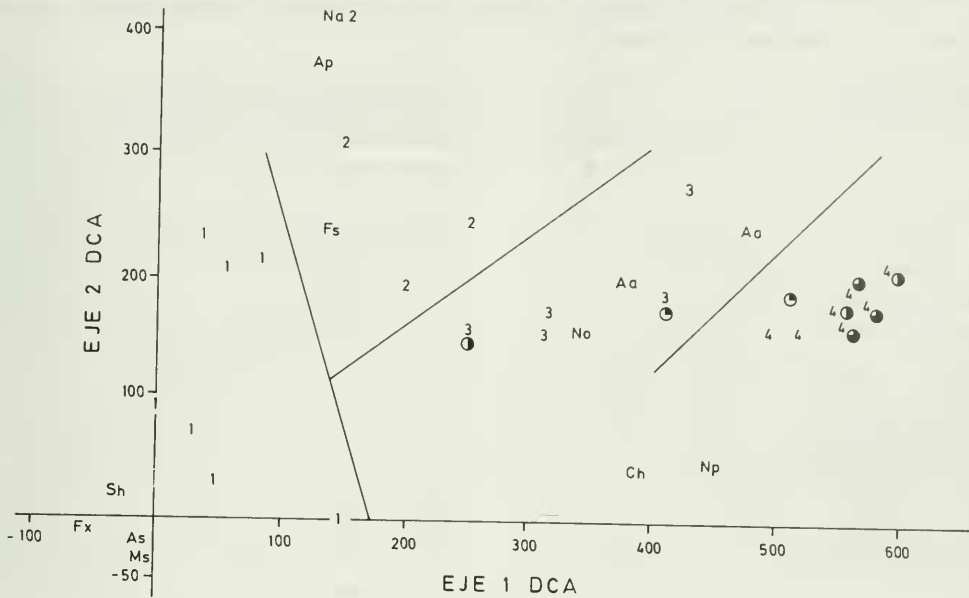


Fig. 1. Ordenación usando análisis DECORANA para muestras de vegetación del Alto Biobío. Especies: Aa: *Araucaria araucana*, Ap: *Acaena pinnatifida*, Ao: *Acaena ovalifolia*, As: *Acaena sericea*, Ch: *Chusquea* sp., Fs: *Festuca scabriuscula*, Fx: *Festuca* sp., Ms: *Mulinum spinosum*, Na: *Nothofagus antarctica*, No: *Nothofagus obliqua*, Np: *Nothofagus pumilio*, Sh: *Stipa humilis*. Sección negra del círculo representa abundancia relativa de *Chusquea* sp. Relevamientos: 1: Pastizal, valores más cercanos al origen corresponden a pastizal fuertemente degradado. 2: Bosque abierto de ñirre y araucaria, 3: Bosque abierto, degradado, de ñirre y araucaria o lenga, coigüe y araucaria. 4: Bosque cerrado de lenga, coigüe y araucaria.

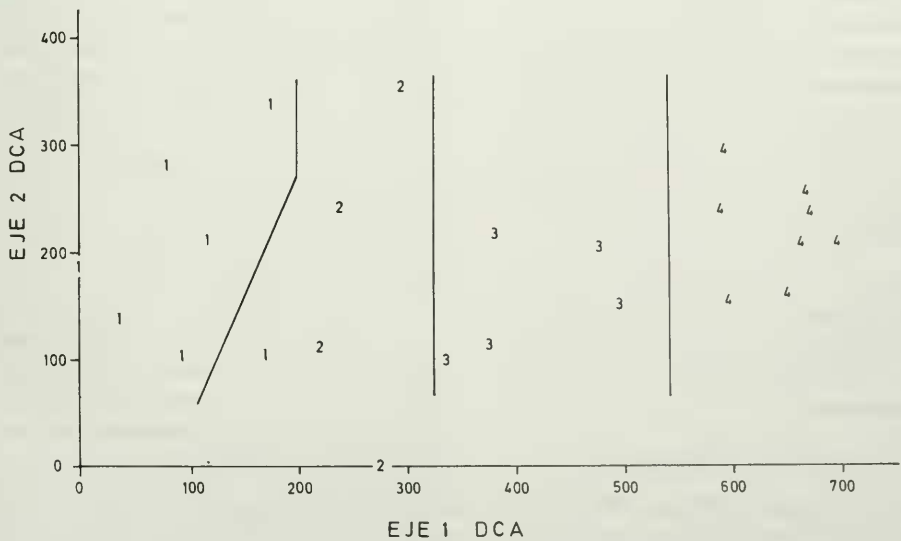


Fig. 2. Ordenación usando análisis DECORANA para muestras de vegetación del Alto Biobío después de extraer *Chusquea*. Significado de los símbolos como en figura 1.

TABLA I. Relevamientos fitosociológicos ordenados según posición en el primer eje extraído por DECORA NA. Los valores corresponden a porcentajes de cobertura, aquéllos inferiores a 1% señalados con +. Especies con constancia <=2 en Ugarte y Barrientos (1991).

RELEVAMIENTO	1b	13	1	19	14	12	2	17	4	18	10	3b	16	4b	21	3	9	6	20	8	7	5	11	15	
Número de especies	14	13	15	9	12	5	10	11	6	18	10	6	21	9	13	13	18	9	11	17	9	10	8	10	
ESPECIES																									
<i>Drimys andina</i>	63	.	63																						
<i>Perezia prenanthoides</i>	3	3	.	1																					
<i>Anemone antucensis</i>	1	1	1	1																					
<i>Viola</i> sp.	3	2	.	.	9																				
<i>Adenocaulon chilense</i>	3	1	+	+	1	.	.	.	.	1															
<i>Alstroemeria aurea</i>	63	1	9	1	.	1	3																		
<i>Berberis serrato-dentata</i>			1	.	19	.	1																		
<i>Nothofagus dombeyi</i>	63	.	63	.	.	.	88	9																	
<i>Maytenus disticha</i>	19	3	1	.	9	63	.	.	.	9															
<i>Ribes magellanicum</i>	1	.	.	+	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Myoschilos oblongum</i>	1	.	1	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Vicia</i> sp.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	1	+	+													
<i>Acaena ovalifolia</i>	1	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Nothofagus punilio</i>	1	63	1	63	9	88	.	19																	
<i>Osmorhiza chilensis</i>	1	1	.	1	.	.	9	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Berberis rotundifolia</i>	1	.	.	.	1	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chusquea</i> sp.	38	88	88	63	38	.	19	1	.	38	1	.	3	38	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Araucaria araucana</i>					63	.	88	.	88	63	88	88	.	1											
<i>Nothofagus obliqua</i>						19	.	.	.	.	.	.	.	63											
<i>Elymus</i> sp.										+	.	1	1	.	.	1									
<i>Fragaria chiloensis</i>								1	9	.	.	3	.	.	1	.	1								
<i>Madia sativa</i>													1	1	+										
<i>Cerastium arvense</i>										1	.	+	.	.	.	1	.	.	1						
<i>Berberis buxifolia</i>										3	.	1	.	.	.	1	1	.	19	.	.	.	.	.	.
<i>Rumex acetosella</i>										1	.	3	19	.	3	1	1	.	.	1	19	.	1	.	1
<i>Festuca scabriuscula</i>										38	38	1	.	88	1	19	1	.	.	63	63	2			
<i>Nothofagus antarctica</i>										9	1	63	.	19	1	63	9								
<i>Acaena pinnatifida</i>										3	19	.	1	.	1	.	1	.	9						
<i>Taraxacum officinale</i>										3	1	.	.	1	.	38	19	.	9						
<i>Geranium</i> sp.													1	.	1	.	1	.							
<i>Galium suffruticosum</i>													+	.	1	.	.	1	.	.	1	.	1	.	1
<i>Carex</i> sp.															1	.	.	1	1						
<i>Acaena sericea</i>																38	.	.	.	1	1	.	38		
<i>Mulinum spinosum</i>																				38	.	1	9		
<i>Baccharis magellanica</i>																19	.	.	1	19	19	.	19		
<i>Juncus</i> sp.																				1	1	.	1		
<i>Agrostis leptotricha</i>																				1	1	.	1		
<i>Stipa humilis</i>																				38	1	.	9		

cambió significativamente, como se observa en la figura 2, se obtuvo, en general, una disposición más uniforme de ellos a lo largo de los dos primeros ejes, que permiten explicar un 70% de la variación.

Los principales desplazamientos se verifica-

ron sobre el segundo eje, en el cual valores altos de roble, coigüe y lenga y la presencia de quila, tienden a aumentar los valores. *Araucaria*, ñirre y la ausencia de quila, en cambio, tienden a disminuirlos.

1.3. ORDENACIÓN DISMINUYENDO LA IMPORTANCIA DE LAS ESPECIES RARAS

Al utilizar la opción de análisis que permite disminuir el valor relativo de las especies "raras", con el fin de evitar posibles distorsiones por valores anormales, no se produjeron cambios significativos en el ordenamiento de los *stands*, con respecto al obtenido utilizando toda la información (punto 1.1). Por esta razón esta ordenación no es incluida en esta publicación.

En la tabla I se presentan los relevamientos y a las especies dispuestas según los valores determinados por DECORANA para la ordenación usando el total de información. En la tabla se ordena el continuo vegetacional entre el extremo izquierdo que agrupa rodales de bosque correspondientes al tipo "Bosque de lenga-coigüe-araucaria" (Ugarte y Barrientos, 1991) y los coironales, que representan la mayor simplificación estructural.

Chusquea sp., *Araucaria araucana*, y *Festuca scabriuscula* presentan sobreposición parcial en sus distribuciones que, en conjunto, ocupan toda la extensión del gradiente.

La variante con *Drimys andina* ocupó el extremo del gradiente correspondiendo, probablemente, con una condición más cercana a la vegetación original. En este sector son importantes *Nothofagus pumilio*, *Nothofagus dombeyi* Maytenus *disticha*, *Alstroemeria aurea* y, en parte, *Araucaria araucana*. Esta última, junto con *Chusquea* sp., que es muy relevante en el bosque, extienden su distribución hacia el cuerpo central de la tabla.

Hacia el centro de la tabla I, se ubican rodales producto de la degradación del bosque, tanto de lenga-coigüe-araucaria como de roble. Estos a su vez se ubican vecinos a rodales de ñirre-araucaria en los que son importantes *Nothofagus antarctica*, y en parte, *Araucaria araucana*.

En el extremo derecho se ubicaron rodales pertenecientes al "coironal" o pastizal de altura en los que son importantes *Festuca scabriuscula*, *Acaena pinnatifida* y *Baccharis magellanica*. También adquieren importancia, sobre todo en condiciones de sobrepastoreo y aridez extrema, *Acaena sericea* y *Mulinum spinosum*, o por condición edáfica, *Stipa humilis*.

2. CLASIFICACIÓN POR ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS (CLUSTER ANALYSIS)

De las ocho fórmulas ensayadas, en general dieron mejor resultado aquellas basadas en presencia-ausencia.

Entre los índices cuantitativos el más adecuado fue el coeficiente comunitario. El índice de Morisita modificado por Horn determinó un dendrograma igual, excepto por la posición de un rodal. Los otros cuantitativos, aunque concordaron en la disposición de los grupos estructurales básicos (bosque, pastizal), presentaron algunos agrupamientos obviamente inapropiados a nivel de rodal. El índice basado en distancia euclidiana parece dar excesivo peso a las especies dominantes, lo que condujo a algunos agrupamientos no lógicos. En consecuencia, sólo el dendrograma basado en el coeficiente comunitario ha sido incluido en la figura 3.

De los índices basados en presencia-ausencia, el de Jaccard entregó la agrupación más adecuada. Aunque concuerda con el del coeficiente comunitario, indica una conexión más natural para los rodales 3b, 10 y 4, como se aprecia en la figura 3 y se puede verificar en la tabla I. Si bien los agrupamientos se establecen a niveles más bajos de similaridad, el dendrograma obtenido con la función de Jaccard concuerda bien con lo establecido por la ordenación y la clasificación tabular (Ugarte y Barrientos, 1991) en cuanto a agrupar los extremos en el coironal, separando aquellos degradados, ubicando en posición intermedia al bosque bajo de ñirre-araucaria, que comparte especies herbáceas con el coironal, y rodales correspondientes a degradación extrema del bosque de lenga-coigüe-araucaria o roble abierto.

El agrupamiento de los rodales relacionados al bosque de lenga-coigüe-araucaria resulta adecuado pues confirma la variante *Drimys andina* y el "Krummholz" de lenga es conectado a niveles más bajos de similaridad (rel.12) al igual que el bosque alterado en los estratos inferiores (rel.4).

DISCUSION Y CONCLUSIONES

El enclave del Alto Biobío, en una cuenca intramontañosa de origen Terciario, ha determinado, en el largo plazo, el clima local y las características globales de la vegetación. El desarrollo

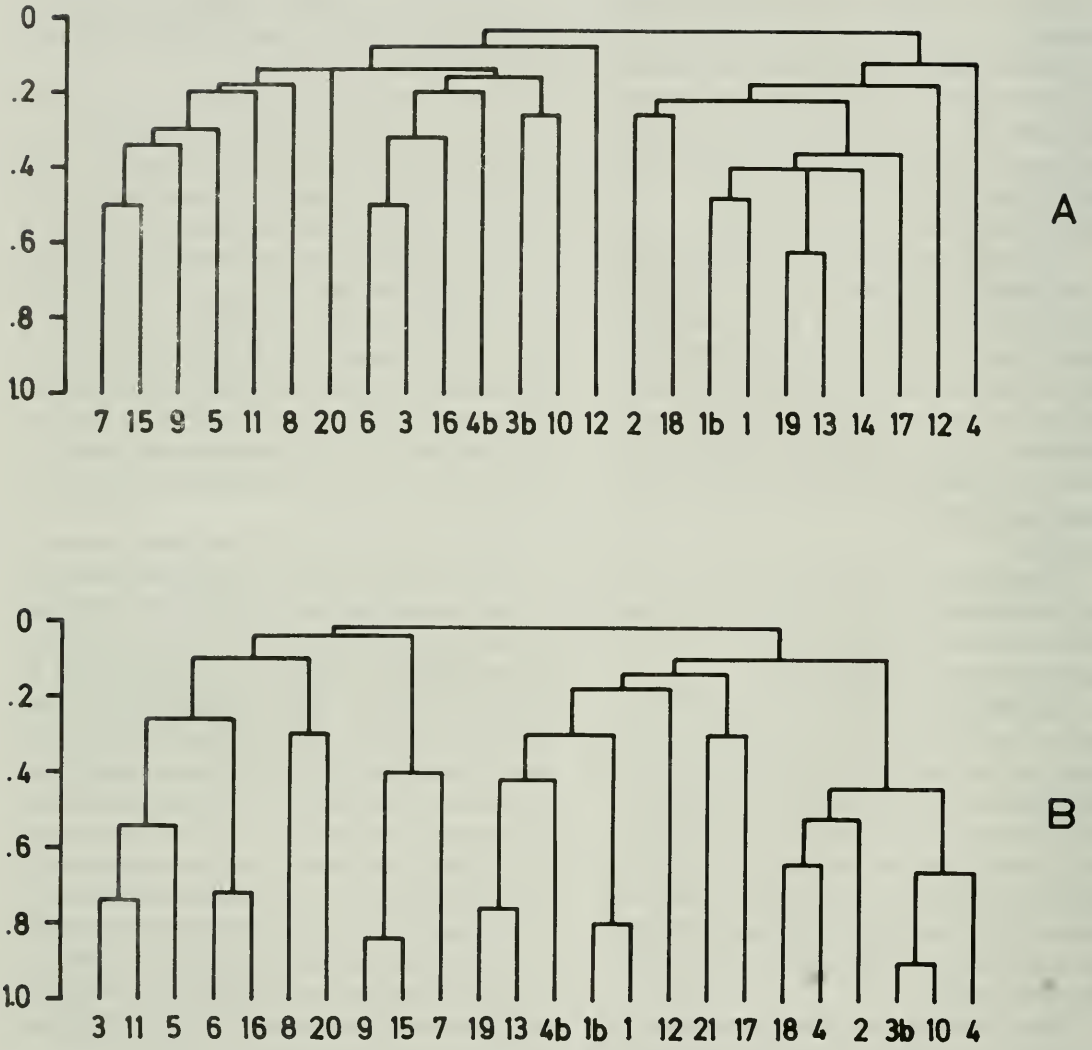


Fig. 3. Dendrogramas obtenidos para muestras de vegetación del Alto Biobío; A: utilizando coeficiente de Jaccard, B: utilizando coeficiente de comunidad.

morfogenético derivado de las glaciaciones y el volcanismo (Mardones, 1991), consecuentemente, debe haber constituido el segundo factor que ha afectado a la vegetación del área. Por último, las actividades humanas se constituyen en el tercer factor que debe estar determinando el curso de la sucesión vegetal, entendida aquí como cualquier cambio cualitativo en la vegetación de un área en escala anual (Van der Valk, 1985).

Las tres grandes unidades de relieve señaladas por Mardones (l.c.) se correlacionan en buena forma con los tipos de vegetación determinados por Ugarte y Barrientos (l.c.). El bosque de lenga-coigüe-araucaria (LCA), el bosque achaparrado en la línea de crecimiento arbóreo y el bosque de roble (R) ocupan los cordones occidentales, mientras que el bosque de ñirre-araucaria (ÑA) y los coironales ocupan las planicies altoandinas y las plataformas orientales.

Es razonable suponer que el contacto entre el bosque de LCA y el de ÑA debe haber estado determinado, en alguna medida, por las glaciaciones cuaternarias, en particular, si no hubo desarrollo de ambiente periglacial (Mardones, com. pers.). Esto pudo haber determinado un tiempo de desarrollo más largo para el bosque de LCA y una mayor estabilidad con respecto a los otros tipos de vegetación. De este modo podría justificarse, al menos en parte, la aceleración del gradiente en el contacto entre el bosque de LCA y de ÑA, el que indudablemente, en la actualidad, se encuentra afectado por las actividades de corta y quema del bosque de ÑA, que acentúa la definición entre ambos.

El bosque de ÑA, cuya relación con el coironal es siempre gradual o siguiendo patrones de interdigitación, debe haberse conformado con posterioridad a la retirada de los hielos glaciares y por recolonización desde el bosque de LCA y de la estepa argentina. Su ubicación actual, en fondos de valle y sectores más expuestos, debería justificarse primariamente por factores de hábitat físico (temperatura, humedad) modificados, en forma secundaria, por actividades antrópicas, principalmente el despeje de áreas y su utilización por el ganado. Es claro, en el área, que la apertura del bosque de ÑA trae consigo la expansión local del coironal. También es evidente que en este último es el sobrepastoreo el factor determinante de la sucesión, como lo indican claramente extensos sectores colonizados por *Muli-*

num y *Acaena* y la alta proporción de suelo desnudo, sujeto a erosión eólica.

La degradación del bosque de LCA, de roble y de ÑA determina los valores más altos de diversidad beta en el sector central de las ordenaciones, cuyos extremos están ocupados por el bosque de LCA y el coironal. Es interesante la posición central en la ordenación de *Araucaria araucana*, haciendo de nexo entre LCA y ÑA. Para conformar este último tipo, debió haber recolonizado las áreas bajas al retirarse los hielos. Esta especie ocupa una notable diversidad de hábitat locales, lo que contrasta con su actual distribución geográfica restringida y disyunta entre la Cordillera de los Andes y la de Nahuelbuta.

También parece fundamental para la sucesión el rol de *Chusquea* sp. cuya posible interferencia con la regeneración del bosque necesita ser establecida con mayor precisión, tanto en lo que se refiere a competencia por espacio o luz, como en su relación con el fuego o efectos "nodriza" sobre otras especies. El posible rol de *Chusquea* en la regeneración y en la sucesión del bosque nativo ha sido señalado, en términos generales, por varios autores (Veblen & Schlegel, 1982).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Programa de Cooperación 1084 ICU/Chile. Proyecto EULA 11.4 parte del financiamiento. Enmarcado en el desarrollo del Proyecto Fondecyt 89- 0692 "Estudio Geográfico integrado de la cuenca del Alto Biobío. Bases para su planificación ecológica".

BIBLIOGRAFIA

- GAUCH, H. G. 1982. Multivariate Analysis in Community Ecology. Cambridge University Press. 298 pp.
- HILL, M. O. 1973. Reciprocal averaging: an eigen vector method of ordination. J. Ecol. 61:237-249.
- HILL, M. O. & H. G. GAUCH. 1980. Detrended correspondence analysis, an improved ordination technique. Vegetation 42:47-58.
- LUDWIG, J.A. & J.F. REYNOLDS. 1988. Statistical Ecology. A Primer on Methods and Computing. John Wiley and Sons, New York. 337 pp.
- MARDONES, M. 1991. Geomorfología del curso superior de la hoya del Biobío. Terra Australis 34: 69-76.
- MATTEUCCI, S. D. & A. Colma. 1982. Metodología

- para el Estudio de la Vegetación. Monografía N° 22, serie Biología. O.E.A. 168 pp.
- NAVARRO, R. A. 1984. Programa computacional para el análisis numérico de comunidades: diversidad y sobreposición. *Medio Ambiente* 7:82-87.
- ROMESBURG, H. CHARLES. 1984. *Cluster Analysis for Researchers*. Lifetime Learning Publications. Belmont, California, USA. 334 pp.
- UGARTE, E. A. Y C. BARRIENTOS. 1991. La vegetación en la cuenca del Biobío. I. Una aproximación fisonómico-estructural. *Terra Australis* 35:67-79.
- VAN DER VALK, A.G. 1985. Vegetation dynamics of prairie glacial marshes. En: J. White (ed.) "The Population Structure of Vegetation". Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, Holanda.
- VEBLER, T & F. M. SCHLEGEL. 1982. Reseña ecológica de los bosques del sur de Chile. *Bosque* 4:73-115.
- VILLALOBOS, S.R. 1989. *Los Pehuenches en la Vida Fronteriza*. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 269 pp.

Fecha de Publicación Diciembre 1993